

**Richtlinie 2004/40/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über  
Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer  
vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder)  
(18. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)**

Vom 29. April 2004 (ABl. EU Nr. L 159, S. 1)

zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 22. Oktober 2008 (ABl. L 311, S. 1)

in Kraft getreten am 11. Dezember 2008

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben folgende Richtlinie erlassen:

**Abschnitt I  
Allgemeine Bestimmungen**

**Artikel 1  
Ziel und Geltungsbereich**

(1) Mit dieser Richtlinie, der 18. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG, werden Mindestanforderungen für den Schutz der Arbeitnehmer gegen tatsächliche oder mögliche Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Einwirkung von elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz) während ihrer Arbeit festgelegt.

(2) Diese Richtlinie betrifft die Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern durch bekannte schädliche Kurzzeitwirkungen im menschlichen Körper, die durch das Fließen induzierter Ströme und durch Energieabsorption sowie durch Kontaktströme verursacht werden.

(3) Diese Richtlinie betrifft nicht die vermuteten Langzeitwirkungen.

(4) Diese Richtlinie betrifft nicht die Gefährdungen durch das Berühren von Strom führenden Leitern.

(5) Die Richtlinie 89/391/EWG gilt unbeschadet strengerer und/oder spezifischerer Bestimmungen der vorliegenden Richtlinie in vollem Umfang für den gesamten in Absatz 1 genannten Bereich.

**Artikel 2  
Begriffsbestimmungen**

Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck

- a) "elektromagnetische Felder" statische magnetische und zeitvariable elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder mit Frequenzen bis 300 GHz;
- b) "Expositionsgrenzwerte" direkt auf nachgewiesenen Auswirkungen auf die Gesundheit und biologischen Erwägungen beruhende Expositionsgrenzwerte in Bezug auf elektromagnetische Felder. Durch die Einhaltung dieser Grenzwerte wird gewährleistet, dass Arbeitnehmer, die elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, gegen alle bekannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen geschützt sind;

## **ArbSch 2.1.18**

- c) "Auslösewerte" die Größen direkt messbarer Parameter, die als elektrische Feldstärke (E), magnetische Feldstärke (H), magnetische Flussdichte (B) und Leistungsdichte (S) angegeben wird und bei deren Erreichen eine oder mehrere der in dieser Richtlinie festgelegten Maßnahmen ergriffen werden müssen. Die Einhaltung dieser Werte gewährleistet die Einhaltung der maßgeblichen Expositionsgrenzwerte.

### **Artikel 3 Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte**

(1) Die Expositionsgrenzwerte entsprechen den im Anhang Tabelle 1 festgelegten Werten.

(2) Die Auslösewerte entsprechen den im Anhang Tabelle 2 festgelegten Werten.

(3) Bis alle einschlägigen Bewertungs-, Mess- und Berechnungsfälle durch harmonisierte Europäische Normen des Europäischen Komitees für elektrotechnische Normung (CENELEC) abgedeckt sind, können die Mitgliedstaaten für die Bewertung, Messung und/oder Berechnung der Exposition des Arbeitnehmers gegenüber elektromagnetischen Feldern andere wissenschaftlich untermauerte Normen oder Leitlinien anwenden.

### **Abschnitt II Pflichten der Arbeitgeber**

#### **Artikel 4 Ermittlung der Exposition und Bewertung der Risiken**

(1) Im Rahmen seiner Pflichten gemäß Artikel 6 Absatz 3 und Artikel 9 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG nimmt der Arbeitgeber eine Bewertung und erforderlichenfalls eine Messung und/oder Berechnung der elektromagnetischen Felder vor, denen die Arbeitnehmer ausgesetzt sind. Bis alle einschlägigen Bewertungs-, Mess- und Berechnungsfälle durch harmonisierte Europäische Normen des CENELEC abgedeckt sind, kann die Bewertung, Messung und Berechnung gemäß den in Artikel 3 genannten wissenschaftlich untermauerten Normen und Leitlinien erfolgen sowie gegebenenfalls unter Berücksichtigung der von den Herstellern der Arbeitsmittel angegebenen Emissionswerte, wenn die Arbeitsmittel in den Geltungsbereich der einschlägigen Gemeinschaftsrichtlinien fallen.

(2) Auf der Grundlage der nach Absatz 1 durchgeführten Bewertung der elektromagnetischen Felder muss der Arbeitgeber, falls die in Artikel 3 genannten Auslösewerte überschritten werden, ermitteln und erforderlichenfalls berechnen, ob die Expositionsgrenzwerte überschritten werden.

(3) Es ist nicht erforderlich, die Bewertungen, Messungen und/oder Berechnungen nach den Absätzen 1 und 2 an öffentlich zugänglichen Arbeitsplätzen durchzuführen, wenn bereits eine Bewertung gemäß der Empfehlung 1999/519/EG des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz)<sup>1</sup> erfolgt ist, die in dieser Empfehlung festgelegten Grenzwerte in Bezug auf die Arbeitnehmer eingehalten werden und Sicherheitsrisiken ausgeschlossen sind.

(4) Die Bewertungen, Messungen und/oder Berechnungen nach den Absätzen 1 und 2 müssen in angemessenen Zeitabständen sachkundig geplant und durchgeführt werden, wobei hinsichtlich der erforderlichen entsprechend befähigten Dienste oder Personen und der Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer insbesondere Artikel 7 und Artikel 11 der Richtlinie 89/391/EWG zu berücksichtigen sind. Die aus den Bewertungen, Messun-

<sup>1</sup> ABL. L. 199 vom 30.07.1999, S. 59

gen und/oder Berechnungen der Exposition resultierenden Daten werden in einer geeigneten Form gespeichert, die eine spätere Einsichtnahme ermöglicht.

(5) Nach Artikel 6 Absatz 3 der Richtlinie 89/391/EWG berücksichtigt der Arbeitgeber bei der Risikobewertung insbesondere Folgendes:

- a) Ausmaß, Frequenzspektrum, Dauer und Art der Exposition;
- b) Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte gemäß Artikel 3 der vorliegenden Richtlinie;
- c) alle Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit besonders gefährdeter Arbeitnehmer;
- d) alle indirekten Auswirkungen wie:
  - i) Störung von elektronischen medizinischen Geräten und Vorrichtungen (einschließlich von Herzschrittmachern und anderen implantierten Geräten);
  - ii) Verletzungsrisiko durch die Projektilwirkung ferromagnetischer Gegenstände in statischen Magnetfeldern mit einer magnetischen Flussdichte von über 3 mT;
  - iii) Auslösung von elektrischen Zündvorrichtungen (Detonatoren);
  - iv) Brände und Explosionen, verursacht durch die Entzündung von entzündlichen Materialien durch Funkenbildung aufgrund von induzierten Feldern, Kontaktströmen oder Funkenentladungen;
- e) Verfügbarkeit von Ersatzausrüstungen, die so ausgelegt sind, dass das Ausmaß der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern verringert wird;
- f) einschlägige Informationen auf der Grundlage der Gesundheitsüberwachung einschließlich, im Rahmen des Möglichen, veröffentlichter Informationen;
- g) Exposition gegenüber Mehrfachquellen;
- h) gleichzeitige Exposition gegenüber Feldern mit mehreren Frequenzen.

(6) Der Arbeitgeber muss im Besitz einer Risikobewertung gemäß Artikel 9 Absatz 1 Buchstabe a der Richtlinie 89/391/EWG sein und ermitteln, welche Maßnahmen gemäß den Artikeln 5 und 6 der vorliegenden Richtlinie zu treffen sind. Die Risikobewertung ist gemäß nationalen Vorschriften und Praktiken auf einem geeigneten Datenträger zu dokumentieren; sie kann eine Begründung des Arbeitgebers einschließen, wonach eine detailliertere Risikobewertung aufgrund der Art und des Umfangs der Risiken im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern nicht erforderlich ist. Die Risikobewertung ist regelmäßig zu aktualisieren, insbesondere wenn bedeutende Veränderungen eingetreten sind, so dass sie veraltet sein könnte, oder wenn sich eine Aktualisierung aufgrund der Ergebnisse der Gesundheitsüberwachung als erforderlich erweist.

## **Artikel 5 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken**

(1) Unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts und der Verfügbarkeit von Mitteln zur Begrenzung der Gefährdung am Entstehungsort muss die Gefährdung aufgrund der Einwirkung von elektromagnetischen Feldern ausgeschlossen oder auf ein Mindestmaß reduziert werden. Die Verringerung der Gefährdung aufgrund der Einwirkung von elektromagnetischen Feldern stützt sich auf die in der Richtlinie 89/391/EWG festgelegten allgemeinen Grundsätze der Gefahrenverhütung.

2) Werden die in Artikel 3 genannten Auslösewerte überschritten und erbringt die nach Artikel 4 Absatz 2 durchgeführte Ermittlung nicht den Nachweis, dass die Expositionsgrenzwerte nicht überschritten werden und dass Sicherheitsrisiken ausgeschlossen werden können, so muss der Arbeitgeber auf der Grundlage der in Artikel 4 genannten Risikobewertung ein Aktionsprogramm mit technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen zur Verhinderung einer die Expositionsgrenzwerte überschreitenden Exposition ausarbeiten und durchführen; dabei ist insbesondere Folgendes zu berücksichtigen:

## **ArbSch 2.1.18**

- a) alternative Arbeitsverfahren, die die Notwendigkeit einer Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern verringern;
- b) die Auswahl von Arbeitsmitteln, die in geringerem Maße elektromagnetische Felder emittieren, unter Berücksichtigung der auszuführenden Arbeit;
- c) technische Maßnahmen zur Verringerung der Einwirkung elektromagnetischer Felder, erforderlichenfalls auch unter Einsatz von Verriegelungseinrichtungen, Abschirmungen oder vergleichbaren Gesundheitsschutzvorrichtungen;
- d) angemessene Wartungsprogramme für Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Arbeitsplatzsysteme;
- e) Gestaltung und Auslegung der Arbeitsstätten und Arbeitsplätze;
- f) Begrenzung der Dauer und Intensität der Exposition;
- g) Verfügbarkeit angemessener persönlicher Schutzausrüstung.

(3) Auf der Grundlage der in Artikel 4 genannten Risikobewertung werden Arbeitsplätze, an denen Arbeitnehmer elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sein könnten, die die Auslösewerte überschreiten, mit einer geeigneten Kennzeichnung gemäß der Richtlinie 92/58/EWG des Rates vom 24. Juni 1992 über Mindestvorschriften für die Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (Neunte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)<sup>1</sup> versehen, es sei denn, die nach Artikel 4 Absatz 2 durchgeführte Ermittlung erbringt den Nachweis, dass die Expositionsgrenzwerte nicht überschritten werden und dass Sicherheitsrisiken ausgeschlossen werden können. Die betreffenden Bereiche werden abgegrenzt und der Zugang zu ihnen wird eingeschränkt, wenn dies technisch möglich ist und die Gefahr einer Überschreitung der Expositionsgrenzwerte besteht.

(4) Die Exposition der Arbeitnehmer darf die Expositionsgrenzwerte in keinem Fall überschreiten.

Werden die Expositionsgrenzwerte trotz der vom Arbeitgeber aufgrund dieser Richtlinie durchgeführten Maßnahmen überschritten, so ergreift der Arbeitgeber unverzüglich Maßnahmen, um die Exposition auf einen Wert unterhalb der Expositionsgrenzwerte zu senken. Er ermittelt, warum die Expositionsgrenzwerte überschritten wurden, und passt die Schutz- und Vorbeugemaßnahmen entsprechend an, um ein erneutes Überschreiten der Grenzwerte zu verhindern.

(5) In Anwendung von Artikel 15 der Richtlinie 89/391/EWG passt der Arbeitgeber die Maßnahmen im Sinne des vorliegenden Artikels an die Erfordernisse der besonders gefährdeten Arbeitnehmer an.

### **Artikel 6 Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer**

Unbeschadet der Artikel 10 und 12 der Richtlinie 89/391/EWG stellt der Arbeitgeber sicher, dass die Arbeitnehmer, die einer Gefährdung durch elektromagnetische Felder bei der Arbeit ausgesetzt sind, und/oder ihre Vertreter alle erforderlichen Informationen und Unterweisungen im Zusammenhang mit dem Ergebnis der Risikobewertung nach Artikel 4 Absatz 1 der vorliegenden Richtlinie erhalten, die sich insbesondere auf Folgendes erstrecken:

- a) aufgrund dieser Richtlinie ergriffene Maßnahmen;
- b) die Werte und Begriffe der Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte und der damit verbundenen potenziellen Gefahren;
- c) die Ergebnisse der Bewertungen, Messungen und/oder Berechnungen des Ausmaßes der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern gemäß Artikel 4 dieser Richtlinie;
- d) wie gesundheitsschädliche Auswirkungen der Exposition zu erkennen und wie diese zu melden sind;
- e) Voraussetzungen, unter denen die Arbeitnehmer Anspruch auf eine Gesundheitsüberwachung haben;

---

<sup>1</sup> ABl. L 245 vom 26.08.1992, S. 23

- f) sichere Arbeitsverfahren zur Minimierung der Gefährdung aufgrund der Exposition.

**Artikel 7  
Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer**

Die Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer und/oder ihrer Vertreter in den von der vorliegenden Richtlinie erfassten Fragen erfolgt gemäß Artikel 11 der Richtlinie 89/391/EWG.

**Abschnitt III  
Sonstige Bestimmungen**

**Artikel 8  
Gesundheitsüberwachung**

(1) Im Interesse der Prävention und einer frühen Erkennung jeglicher gesundheitsschädlicher Auswirkungen aufgrund der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern wird gemäß Artikel 14 der Richtlinie 89/391/EWG eine angemessene Gesundheitsüberwachung durchgeführt.

Wird eine Exposition oberhalb der Grenzwerte festgestellt, so muss dem betroffenen Arbeitnehmer auf jeden Fall im Einklang mit nationalen Vorschriften und Praktiken eine ärztliche Untersuchung ermöglicht werden. Wird aufgrund dieser Exposition eine gesundheitliche Schädigung festgestellt, so nimmt der Arbeitgeber gemäß Artikel 4 eine erneute Bewertung der Risiken vor.

(2) Der Arbeitgeber trifft geeignete Maßnahmen, um zu gewährleisten, dass der für die Gesundheitsüberwachung zuständige Arzt und/oder medizinische Dienst Zugang zu den Ergebnissen der in Artikel 4 genannten Risikobewertung hat.

(3) Die Ergebnisse der Gesundheitsüberwachung werden in einer geeigneten Form aufbewahrt, die eine spätere Einsichtnahme ermöglicht, wobei Vertraulichkeitsanforderungen Rechnung getragen wird. Die einzelnen Arbeitnehmer haben auf Verlangen Zugang zu ihren persönlichen Gesundheitsakten.

**Artikel 9  
Sanktionen**

Die Mitgliedstaaten sehen angemessene Sanktionen vor, die bei einem Verstoß gegen die aufgrund dieser Richtlinie erlassenen nationalen Rechtsvorschriften zu verhängen sind. Die Sanktionen müssen wirksam, verhältnismäßig und abschreckend sein.

**Artikel 10  
Technische Änderungen**

(1) Änderungen der im Anhang aufgeführten Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte werden vom Europäischen Parlament und dem Rat nach dem in Artikel 137 Absatz 2 des Vertrags genannten Verfahren erlassen.

## **ArbSch 2.1.18**

(2) Rein technische Änderungen des Anhangs werden von der Kommission vorgenommen, und zwar nach Maßgabe

- a) der zur technischen Harmonisierung und Normung im Bereich von Auslegung, Bau, Herstellung oder Konstruktion von Arbeitsmitteln und/oder Arbeitsstätten erlassenen Richtlinien;
- b) des technischen Fortschritts, der Entwicklung der geeignetsten harmonisierten europäischen Normen oder Spezifikationen und neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf dem Gebiet der elektromagnetischen Felder.

Diese Maßnahmen zur Änderung nicht wesentlicher Bestimmungen dieser Richtlinie werden nach dem in Artikel 11 Absatz 2 genannten Regelungsverfahren mit Kontrolle erlassen. Aus Gründen äußerster Dringlichkeit kann die Kommission auf das in Artikel 11 Absatz 3 genannte Dringlichkeitsverfahren zurückgreifen.

### **Artikel 11 Ausschuss**

(1) Die Kommission wird von dem in Artikel 17 der Richtlinie 89/391/EWG genannten Ausschuss unterstützt.

(2) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gelten Artikel 5a Absätze 1 bis 4 und Artikel 7 des Beschlusses 1999/468/EG unter Beachtung von dessen Artikel 8.

(3) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gelten Artikel 5a Absätze 1, 2, 4 und 6 sowie Artikel 7 des Beschlusses 1999/468/EG unter Beachtung von dessen Artikel 8.

### **Abschnitt IV Schlussbestimmungen**

#### **Artikel 12 (aufgehoben)**

#### **Artikel 13 Umsetzung**

(1) Die Mitgliedstaaten setzen die Rechts- und Verwaltungsvorschriften in Kraft, die erforderlich sind, um dieser Richtlinie bis zum 30 April 2012 nachzukommen. Sie setzen die Kommission unverzüglich davon in Kenntnis.

Wenn die Mitgliedstaaten diese Vorschriften erlassen, nehmen sie in den Vorschriften selbst oder durch einen Hinweis bei der amtlichen Veröffentlichung auf diese Richtlinie Bezug. Die Mitgliedstaaten regeln die Einzelheiten der Bezugnahme.

(2) Die Mitgliedstaaten teilen der Kommission den Wortlaut der innerstaatlichen Rechtsvorschriften mit, die sie auf dem unter diese Richtlinie fallenden Gebiet erlassen oder bereits erlassen haben.

**Artikel 14  
Inkrafttreten**

Diese Richtlinie tritt am Tag ihrer Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union in Kraft.\*

**Artikel 15  
Adressaten**

Diese Richtlinie ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

---

\* \* Vier Jahre nach dem Inkrafttreten dieser Richtlinie.

## ANHANG

### Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte für elektromagnetische Felder

Die folgenden physikalischen Größen werden zur Beschreibung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern verwendet:

Der *Kontaktstrom* ( $I_c$ ) zwischen einer Person und einem Gegenstand wird in Ampere (A) ausgedrückt. Ein leitfähiger Gegenstand in einem elektrischen Feld kann durch das Feld aufgeladen werden.

Die *Stromdichte* ( $J$ ) ist der durch einen Einheitsquerschnitt senkrecht zu seiner Richtung in einem Volumenleiter wie dem menschlichen Körper oder einem Teil davon hindurchfließende Strom; sie wird ausgedrückt in Ampere pro Quadratmeter ( $A/m^2$ ).

Die *elektrische Feldstärke* ist eine Vektorgröße ( $E$ ), die der Kraft entspricht, die auf ein geladenes Teilchen ungeachtet seiner Bewegung im Raum ausgeübt wird. Sie wird ausgedrückt in Volt pro Meter (V/m).

Die *magnetische Feldstärke* ist eine Vektorgröße ( $H$ ), die neben der magnetischen Flussdichte zur Beschreibung des magnetischen Feldes in jedem Raumpunkt dient. Sie wird ausgedrückt in Ampere pro Meter (A/m).

Die *magnetische Flussdichte* ist eine Vektorgröße ( $B$ ), aus der sich eine Kraft auf bewegte Ladungen ergibt; sie wird ausgedrückt in Tesla (T). Im leeren Raum und in biologischem Material können magnetische Flussdichte und magnetische Feldstärke anhand der Äquivalenz  $1 A/m = 4\pi \cdot 10^{-7} T$  umgerechnet werden.

Die *Leistungsdichte* ( $S$ ) wird für sehr hohe Frequenzen benutzt, bei denen die Eindringtiefe in den Körper niedrig ist. Die Leistungsdichte ist der senkrecht zu einer Oberfläche auftreffende Energiefluss, geteilt durch die Fläche; sie wird ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ ).

Die *spezifische Energieabsorption* (SA) ist die je Masseneinheit biologischen Gewebes absorbierte Energie; sie wird ausgedrückt in Joule pro Kilogramm (J/kg). In dieser Richtlinie wird sie zur Begrenzung der nichtthermischen Wirkungen gepulster Mikrowellenstrahlung benutzt.

Die *spezifische Energieabsorptionsrate* (SAR), gemittelt über den ganzen Körper oder Teile davon, ist die Rate, mit der Energie je Masseneinheit des Körpergewebes absorbiert wird; sie wird ausgedrückt in Watt pro Kilogramm (W/kg). Die Ganzkörper-SAR ist ein weithin akzeptiertes Maß, um schädliche Wärmewirkungen zu einer Radiofrequenz-(RF)-Exposition in Beziehung zu setzen. Neben der mittleren Ganzkörper-SAR sind lokale SAR-Werte notwendig, um übermäßige Energiekonzentrationen in kleineren Körperbereichen infolge besonderer Expositionsbedingungen zu bewerten und zu begrenzen. Beispiele hierfür: durch RF im niedrigen MHz-Bereich exponierte geerdete und im Nahfeld einer Antenne exponierte Personen.

Von diesen Größen lassen sich magnetische Flussdichte, Kontaktstrom, elektrische und magnetische Feldstärke und Leistungsdichte direkt messen.

#### A. EXPOSITIONSGRENZWERTE

Je nach Frequenz werden folgende physikalische Größen zur Angabe der Expositionsgrenzwerte für elektromagnetische Felder herangezogen:

- Expositionsgrenzwerte bestehen für die Stromdichte für zeitlich veränderliche Felder bis 1 Hz, um den Auswirkungen auf das kardiovaskuläre und das Zentralnervensystem vorzubeugen.
- Zwischen 1 Hz und 10 MHz bestehen Expositionsgrenzwerte für die Stromdichte, um den Auswirkungen auf die Funktionen des Zentralnervensystems vorzubeugen.
- Zwischen 100 kHz und 10 GHz bestehen Expositionsgrenzwerte für SAR-Werte, um die Wärmebelastung des ganzen Körpers und eine übermäßige lokale Gewebeerwärmung zu vermeiden. Im Bereich von 100 kHz bis 10 MHz bestehen Expositionsgrenzwerte sowohl für die Stromdichte als auch für den SAR-Wert.
- Zwischen 10 GHz und 300 GHz besteht ein Expositionsgrenzwert für die Leistungsdichte, um eine übermäßige Gewebeerwärmung an oder nahe der Körperoberfläche zu vermeiden.

**Tabelle 1: Expositionsgrenzwerte (Artikel 3 Absatz 1). Alle Bedingungen müssen erfüllt sein.**

Frequenzbereich	Stromdichte für Kopf und Rumpf J (mA/m <sup>2</sup> ) (Effektivwert)	Mittlere Ganzkörper-SAR (W/kg)	Lokale SAR (Kopf und Rumpf) (W/kg)	Lokale SAR (Gliedmaßen) (W/kg)	Leistungsdichte S (W/m <sup>2</sup> )
Bis 1 Hz	40	-	-	-	-
1 – 4 Hz	40/f	-	-	-	-
4 – 1000 Hz	10	-	-	-	-
1000 Hz - 100 kHz	f/100	-	-	-	-
100 kHz - 10 MHz	f/100	0,4	10	20	-
10 MHz – 10 GHz	-	0,4	10	20	-
10 – 300 GHz	-	-	-	-	50

Anmerkungen:

- 1  $f$  ist die Frequenz in Hertz.
2. Die Expositionsgrenzwerte für die Stromdichte sollen vor akuten Expositionswirkungen auf Gewebe des Zentralnervensystems in Kopf und Rumpf schützen. Die Expositionsgrenzwerte für den Frequenzbereich 1 Hz bis 10 MHz beruhen auf nachgewiesenen schädlichen Wirkungen auf das Zentralnervensystem. Solche akuten Wirkungen sind im Wesentlichen momentan, und es besteht keine wissenschaftliche Begründung für eine Änderung der Expositionsgrenzwerte für eine kurzzeitige Exposition. Da die Expositionsgrenzwerte jedoch für schädliche Wirkungen auf das Zentralnervensystem gelten, können in anderen Körpergeweben als dem Zentralnervensystem unter den gleichen Expositionsbedingungen höhere Stromdichten zulässig sein.
3. Aufgrund der elektrischen Inhomogenität des menschlichen Körpers sollten die Stromdichten über einen Querschnitt von 1 cm<sup>2</sup> senkrecht zur Stromrichtung gemittelt werden.
4. Für Frequenzen bis 100 kHz können die Spitzenwerte für die Stromdichten erhalten werden, indem der Effektivwert mit  $(2)^{1/2}$  multipliziert wird.
5. Für Frequenzen bis 100 kHz und für gepulste Magnetfelder können die mit den Pulsen verbundenen maximalen Stromdichten aus den Anstiegs- und Abfallzeiten sowie der maximalen Änderungsrate der magnetischen Flussdichte berechnet werden. Die induzierte Stromdichte lässt sich dann mit dem entsprechenden Expositionsgrenzwert vergleichen. Für Pulse der Dauer  $t_p$  sollte die auf die Expositionsgrenzwerte anzuwendende entsprechende Frequenz über  $f = 1/(2t_p)$  ermittelt werden.
6. Sämtliche SAR-Werte sind über 6-Minuten-Intervalle zu mitteln.

## ArbSch 2.1.18

7. Die bei der Mittelung der lokalen SAR-Werte zu berücksichtigende Gewebemasse beträgt 10 g eines zusammenhängenden Körpergewebes; die so ermittelten SAR-Maximalwerte sollten für die Expositionsermittlung verwendet werden. Diese 10 g Gewebe sollen eine Masse von zusammenhängendem Gewebe mit nahezu gleichen elektrischen Eigenschaften sein. Hinsichtlich der Bestimmung einer Masse von zusammenhängendem Gewebe wird anerkannt, dass dieses Konzept bei der Computerdosimetrie angewandt werden kann, bei direkten physikalischen Messungen jedoch zu Schwierigkeiten führen kann. Es kann eine einfache geometrische Form, beispielsweise eine kubische Gewebemasse, verwendet werden, sofern die berechneten dosimetrischen Größen konservative Werte in Bezug auf die Expositionsleitlinien aufweisen.
8. Bei gepulsten Expositionen wird für den Frequenzbereich von 0,3 bis 10 GHz und für die lokale Exposition des Kopfes ein zusätzlicher Expositionsgrenzwert empfohlen, um durch thermoelastische Expansion bedingte Höreffekte einzuschränken oder zu vermeiden. Danach sollte die SA 10 mJ/kg nicht überschreiten, gemittelt über je 10 g Gewebe.
9. Die Leistungsdichte ist über jedes Flächenelement von 20 cm<sup>2</sup> und jedes Zeitintervall von jeweils 68/f<sup>1,05</sup>-Minuten (*f* in GHz) zu mitteln, um die bei steigender Frequenz zunehmend kürzere Eindringtiefe auszugleichen. Die maximale örtliche Leistungsdichte, gemittelt über 1 cm<sup>2</sup>, sollte das 20fache des Wertes von 50 W/m<sup>2</sup> nicht überschreiten.
10. Bei gepulsten oder transienten elektromagnetischen Feldern oder generell bei gleichzeitiger Exposition gegenüber Feldern mit mehreren Frequenzen müssen geeignete Bewertungs-, Mess- und/oder Berechnungsmethoden angewendet werden, mit denen sich die Charakteristiken der Wellenformen und die Art der biologischen Wechselwirkungen analysieren lassen; den von CENELEC entwickelten harmonisierten Europäischen Normen ist dabei Rechnung zu tragen.

## B. AUSLÖSEWERTE

Die in Tabelle 2 aufgeführten Auslösewerte ergeben sich aus den Expositionsgrenzwerten bei Anwendung der Grundlagen, auf die sich die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) in ihren Richtlinien für die Begrenzung der Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung (ICNIRP 7/99) gestützt hat.

**Tabelle 2: Auslösewerte (Artikel 3 Absatz 2) (ungestörte Effektivwerte)**

Frequenzbereich	Elektrische Feldstärke (E) (V/m)	Magnetische Feldstärke (H) (A/m)	Magnetische Flussdichte (B) (μT)	Äquivalente Leistungsdichte bei ebenen Wellen (S <sub>eq</sub> ) (W/m <sup>2</sup> )	Kontaktstrom (I <sub>C</sub> ) (mA)	Strom durch die Gliedmaßen (I <sub>L</sub> ) (mA)
0 – 1 Hz	–	1,63x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>	–	1,0	–
1 – 8 Hz	20000	1,63x10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	2x10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	–	1,0	–
8 – 25 Hz	20000	2x10 <sup>4</sup> /f	2,5x10 <sup>4</sup> /f	–	1,0	–
0,025 – 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	–	1,0	–
0,82 – 2,5 kHz	610	24,4	30,7	–	1,0	–
2,5 – 65 kHz	610	24,4	30,7	–	0,4 f	–
65 – 100 kHz	610	1600/f	2000/f	–	0,4 f	–
0,1 – 1 MHz	610	1,6/f	2/f	–	40	–

1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	–	40	–
10 – 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10	–	–
400 – 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$	f/40	–	–
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50	–	–

Anmerkungen:

1.  $f$  ist die Frequenz der in der Frequenzbereichsspalte genannten Einheiten.
2. Für Frequenzen zwischen 100 kHz und 10 GHz sind  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$ ,  $B^2$  und  $I_L^2$  über beliebige 6-Minuten-Intervalle zu mitteln.
3. Für Frequenzen über 10 GHz sind  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$  und  $B^2$  über beliebige  $68/f^{1,05}$ -Minuten-Intervalle zu mitteln ( $f$  in GHz).
4. Für Frequenzen bis 100 kHz können die Auslösespitzenwerte für die Feldstärken erhalten werden, indem der Effektivwert mit  $(2)^{1/2}$  multipliziert wird. Für Pulse der Dauer  $t_p$  sollte die auf die Auslösespitzenwerte anzuwendende entsprechende Frequenz über  $f = 1/(2t_p)$  ermittelt werden.  
 Für Frequenzen zwischen 100 kHz und 10 MHz sind die Auslösespitzenwerte für die Feldstärken durch Multiplikation der entsprechenden Effektivwerte mit  $10a$  zu ermitteln; dabei ist  $a = (0,665 \log(f/10^5) + 0,176)$ ,  $f$  in Hz.  
 Für Frequenzen zwischen 10 MHz und 300 GHz sind die Auslösespitzenwerte durch Multiplikation der entsprechenden Effektivwerte mit 32 für die Feldstärken bzw. mit 1000 für die äquivalente Leistungsdichte bei ebenen Wellen zu ermitteln.
5. Bei gepulsten oder transienten elektromagnetischen Feldern oder generell bei gleichzeitiger Exposition gegenüber Feldern mit mehreren Frequenzen müssen geeignete Bewertungs-, Mess- und/oder Berechnungsmethoden angewendet werden, mit denen sich die Charakteristiken der Wellenformen und die Art der biologischen Wechselwirkungen analysieren lassen; den von CENELEC entwickelten harmonisierten Europäischen Normen ist dabei Rechnung zu tragen.
6. Für Spitzenwerte von gepulsten modulierten elektromagnetischen Feldern wird außerdem empfohlen, dass bei Trägerfrequenzen über 10 MHz das über die Impulsbreite gemittelte  $S_{eq}$  das Tausendfache der  $S_{eq}$ -Auslösewerte nicht überschreiten sollte oder dass die Feldstärke das 32-fache der Feldstärke-Auslösewerte für die Trägerfrequenz nicht überschreiten sollte.